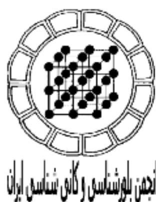
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و هفتم، شمارۀ سوم، پاییز ۹۸، از صفحۀ ۶۲۱ تا ۶۳۴



رخداد کانه‌زایی طلای فراگرمایی سولفیدشدگی متوسط در دامن‌قر، شمال بردسکن: زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و زمین‌شیمی

حسین عباس‌نیا[1]، محمدحسن کریم‌پور*[1و2]، آزاده ملکزاده شفارودی[1و2]

۱- *گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران*

۲- *گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران*

(دریافت مقاله: ۹۷/۶/۱۹، نسخه نهایی: ۹۷/۱۰/۱۶)

چکیده: رخداد کانی‌سازی طلای دامن‌قر در شمال بردسکن، استان خراسان رضوی و در پهنه ساختاری تکنار قرار دارد. زمین‌شناسی منطقه شامل سریسیت شیست‌های سبز و متاریولیت‌های پرکامبرین همراه با نفوذ توده‌های دیابازی به درون آن‌هاست. کانی‌سازی طلا در منطقه به شکل رگه‌ای با راستای N 50 E و شیبNW 70 در میزبان شیستی و متاریولیتی به طول تقریبی ۳۰۰ متر و عرض ۲ تا ۳۵ متر دیده می‌شود. کانی‌سازی به شکل پراکنده و رگچه‌ای شامل کانی‌های اولیه پیریت و کالکوپیریت و ثانویه کولیت، مالاکیت، آزرویت، هماتیت، گوتیت و لیمونیت همراه با باطله‌های کوارتز و سریسیت و به مقدار کمتر کانی رسی است. دگرسانی سیلیسی-سریسیتی مهمترین پهنه دگرسانی همراه با کانی‌سازی است. بر اساس نمونه‌های سنگی برداشت شده از ترانشه‌های اکتشافی، ناهنجاری طلا بین ۰/۳ تا ۱۲/۵ گرم در تن، نقره تا ۳۰ گرم در تن، مس تا ۸۶۰ گرم در تن و روی تا ۹۲۵۲ گرم در تن وجود دارد. بر اساس شواهد سنگ میزبان، نوع و گسترش دگرسانی، کنترل ساختاری، شکل و حالت کانه‌زایی و کانی‌های اولیه و ناهنجاری‌های زمین شیمیایی، رخداد کانی‌سازی طلای دامن‌قر از نوع فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی متوسط و وابسته به محلول‌های گرمابی ناشی از فعالیت‌های ماگمایی سنوزوئیک است.

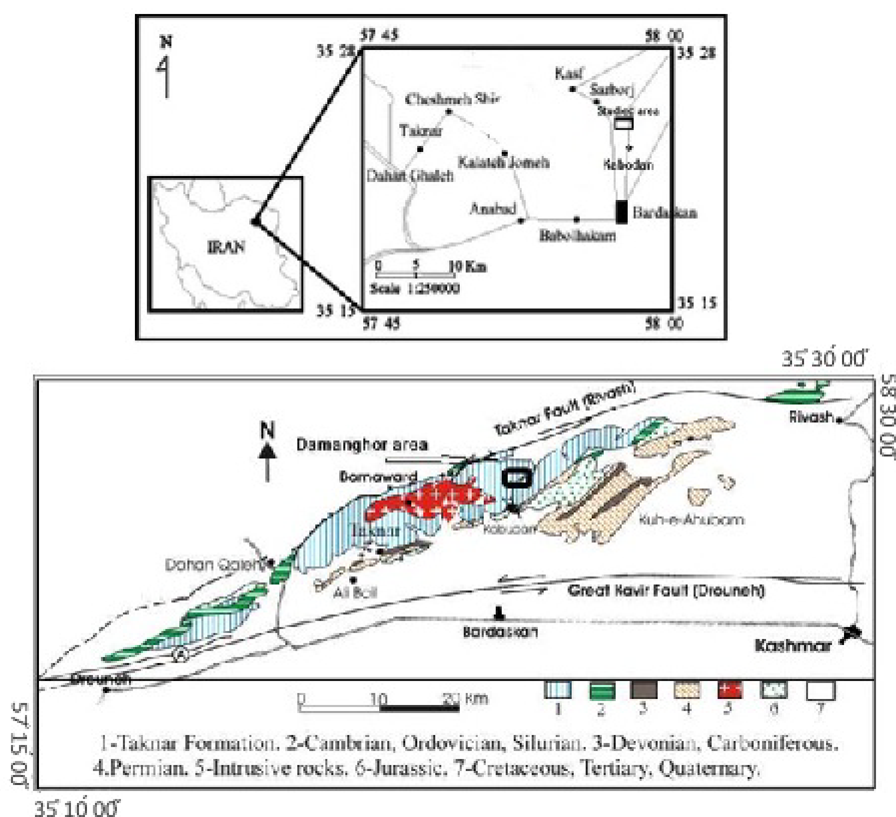
واژه‌های کلیدی: *کانی‌سازی؛ دگرسانی؛ زمین‌شیمی؛ طلای فراگرمایی با سولفیدشدگی متوسط؛ دامن‌قر؛ پهنه ساختاری تکنار.*

مقدمه

منطقه دامن‌قر در استان خراسان رضوی، ۱۸کیلومتری شمال شهر بردسکن و ۳ کیلومتری شمال روستای کبودان واقع است. گستره مورد بررسی به مساحت ۱/۷۸ کیلومتر مربع به صورت یک چار ضلعی با مختصات جغرافیایی ۲۹ً ۵۷َ ۵۷ْ تا ۱۹ً ۵۸َ ۵۷ْ طول شرقی و ۱۳ً ۲۵َ ۳۵ْ تا ۵۹ً ۲۵َ ۳۵ْ عرض شمالی است و به عنوان بخشی از پهنه ساختاری تکنار شناخته می‌شود که در شمال خرده قاره ایران مرکزی دارد. این پهنه از جنوب به گسل درونه با راستای شرقی- غربی و از شمال به گسل ریوش با راستای شمال‌شرق- جنوب‌غرب محدود است [۱]. عمده تشکیلات این پهنه را سازند تکنار تشکیل می‌دهد که شامل سنگ‌های دگرگون شده سری شیست‌ها، ماسه سنگ دگرگون شده و سنگ‌های آتشفشانی دگرگونه‌ای چون متاریولیت، متاداسیت و متاریوداسیت وابسته به پرکامبرین به همراه پوشش سنگ‌های مربوط به سازندهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک است (شکل ۱). همچنین طی پرکامبرین، فعالیت‌های زمین‌ساختی و ماگمایی متعددی در این منطقه موجب جایگیری توده‌های نفوذی عمیق و نیمه عمیق به ویژه در بخش‌های مرکزی این پهنه شده است که به عنوان گرانیت برنورد با سنی حدود ۵۵۰ میلیون سال شناخته می‌شود [۲]. در پالئوزوئیک، توده‌های آذرین دیگری چون گابرو و کوارتزمونزونیت، به درون تشکیلات تکنار نفوذ کرده و در اثر

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۴۰۵۱، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: karimpur@um.ac.ir

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]



شکل ۱ جایگاه زمین‌شناسی تشکیلات پهنه تکنار و گستره مورد بررسی در آن (مربع سیاه) (برگرفته از مرجع [۱] با تغییرات).

کوهزایی‌های آن دوران دگرگون شده‌اند. پس از پالئوزوئیک، توده‌های نفوذی دیگری مانند ترونجمیت پورفیری، بیوتیت گرانیت، گرانیت، کوارتزمونزونیت و کوارتزمونزودیوریت به درون تشکیلات تکنار نفوذ کرده‌اند که برخی آز آنها نظیر متاگرانودیوریت و متاگرانیت لکه‌ای شواهدی از دگرگونی را نشان می‌دهند [۳]. سنگ‌های این پهنه که در مراحل اولیه دچار چین‌خوردگی، دگرگونی و گسلش همراه با راندگی شده‌اند، طی دوران‌های مختلف دستخوش تغییرات ساختاری بیشتر شکننده شده‌اند. گسل‌های راستالغز راست‌رو از مهم‌ترین ساختارها بوده و دارای روند شمال‌شرق- جنوب‌غربی هستند. گروهی دیگر راستالغز چپ‌رو با راستای شمال‌غرب- جنوب‌شرق بوده و کم اهمیت‌تر هستند. گسل‌های رورانده و وارون سنگ‌ها را در منطقه تکنار قطع و جابجا کرده‌اند، اما میزان جابجایی از چند ده متر تجاوز نمی‌کند و در سطح آنها آثار دگرسانی و اکسیدهای مس دیده می‌شود. با توجه به بررسی‌های پیشین [۳]، محیط زمین‌ساختی گرانیتوئیدهای نام برده مربوط به درون صفحات قاره‌ای و برخی محدود به پهنه فرورانش جزایر کمانی است. وجود کانی‌سازی سولفید توده‌ای مس، سرب و روی تکنار که همزمان با مجموعه آتشفشانی- رسوبی سازند تکنار است، همچنین نهشته‌های معدنی مس- طلا در مناطق مختلف پهنه یاد شده که مربوط به فعالیت‌های ماگمایی پس از تشکیل سازند تکنار هستند نشان دهنده پتانسیل بالای این منطقه از نظر مواد معدنی است [۴].

مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال- شرق طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ بررسی‌های اکتشافی برای تعیین ذخیره طلا در منطقه دامن‌قر انجام داده است [۵]. در این راستا، نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه شده و بیش از ۸۰ نمونه آنالیز به روش پراش پرتوی ایکس (XRD)، بیش از ۱۲۰۰ نمونه جهت تعیین مقادیر عناصر به روش طیف‌سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES)، و بیش از ۱۳۰۰ نمونه برای تعیین مقادیر طلا به روش عیارسنجی گرمایی، در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی کشور و مرکز تحقیقات زمین‌شناسی سازمان توسعه و نوسازی معادن ایران بررسی شده‌اند. این منطقه در حال حاضر به بخش خصوصی واگذار شده است.

هدف از نگارش این مقاله تصحیح نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰، تهیه نقشه دگرسانی و کانی‌سازی، تفسیر داده‌های زمین شیمیایی موجود با توجه به دگرسانی و کانی-

سازی و استفاده از داده‌های زمین شیمیایی جدید و سرانجام تعیین مدل کانی‌سازی در منطقه اکتشافی دامن‌قر است. بی‌شک این بررسی‌ها، گام مهمی در راستای اکتشاف ذخایر معدنی مهم و جدید در پهنه تکنار خواهد بود که ادامه آن منجر به شناخت بیشتر این منطقه مستعد در شمال شرقی ایران می‌شود.

زمین‌شناسی

منطقه دامن‌قر در ۲۱ کیلومتری شمال شهر بردسکن و ۱۰ کیلومتری شمال روستای کبودان در منطقه‌ای معروف به دامن قر در بخش مرکزی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ بردسکن [۶] واقع است و از نظر ساختاری در پهنه تکنار جای دارد. پهنه تکنار که در بخش شمالی قطعه لوت قرار دارد و به عنوان "پنجره فرسایشی تکنار" در نظر گرفته می‌شود، معرف یک بالاآمدگی باریک پی‌سنگ پرکامبرین- پالئوزوئیک است، به طوری که سنگ‌های مزوزوئیک- سنوزوئیک آنها را پوشانده‌اند و با مناطق اطراف خود هیچ‌گونه ارتباطی را نشان نمی‌دهند. بیشترین بخش پنجره زمین‌ساختی تکنار را سازند تکنار به خود اختصاص داده است (شکل ۱). براساس موقعیت‌های چینه‌ای و وجود دولومیت‌های دربردارنده استروماتولیت، سن سازند تکنار به پرکامبرین نسبت داده شده است [۷]. بخش زیرین سازند تکنار از توف‌های تیره، ریولیت‌های خاکستری تیره و خاکستری روشن با ضخامت ۱۲۰ متر تشکیل شده است. بخش میانی آن شامل تناوبی از سنگ‌های کربناتی و ماسه سنگ با ضخامتی بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ متر همراه با کمی ریولیت به صورت بین لایه‌ای است. در بخش میانی و بیشتر در بخش زیرین سازند تکنار، پنج گروه از سنگ‌های آذرین شامل ریولیت‌های رنگ روشن، خاکستری تیره تا سیاه، خاکستری مایل به سبز، توف‌های خاکستری سبز تا تیره و توف‌های لایه‌ای سبز روشن وجود دارد. بخش بالایی سازند تکنار از تناوب سنگ‌های آتشفشانی و دولومیت‌های ریزدانه سیاه تا خاکستری و قرمز به همراه شیل‌های سیاه و ماسه سنگ‌های کوارتزیتی خاکستری روشن تشکیل شده است. این سازند که دگرگون شده، توسط گرانیت‌ها و دیوریت‌ها مورد هجوم قرار گرفته و با رسوبات قاره‌ای پالئوزوئیک پوشیده شده است [۷، ۸]. طی پرکامبرین، فعالیت‌های زمین‌ساختی و ماگمایی متعددی در این منطقه موجب جای‌گیری توده‌های نفوذی عمیق و نیمه‌عمیق به ویژه در بخش‌های مرکزی این پهنه شده است که به عنوان گرانیت برنورد با سنی حدود ۵۵۰ میلیون سال شناخته می‌شود [۲]. در پالئوزوئیک، توده‌های آذرین دیگری چون گابرو و کوارتزمونزونیت، به درون تشکیلات تکنار نفوذ کرده و در اثر کوهزایی‌های آن دوران دگرگون شده‌اند.

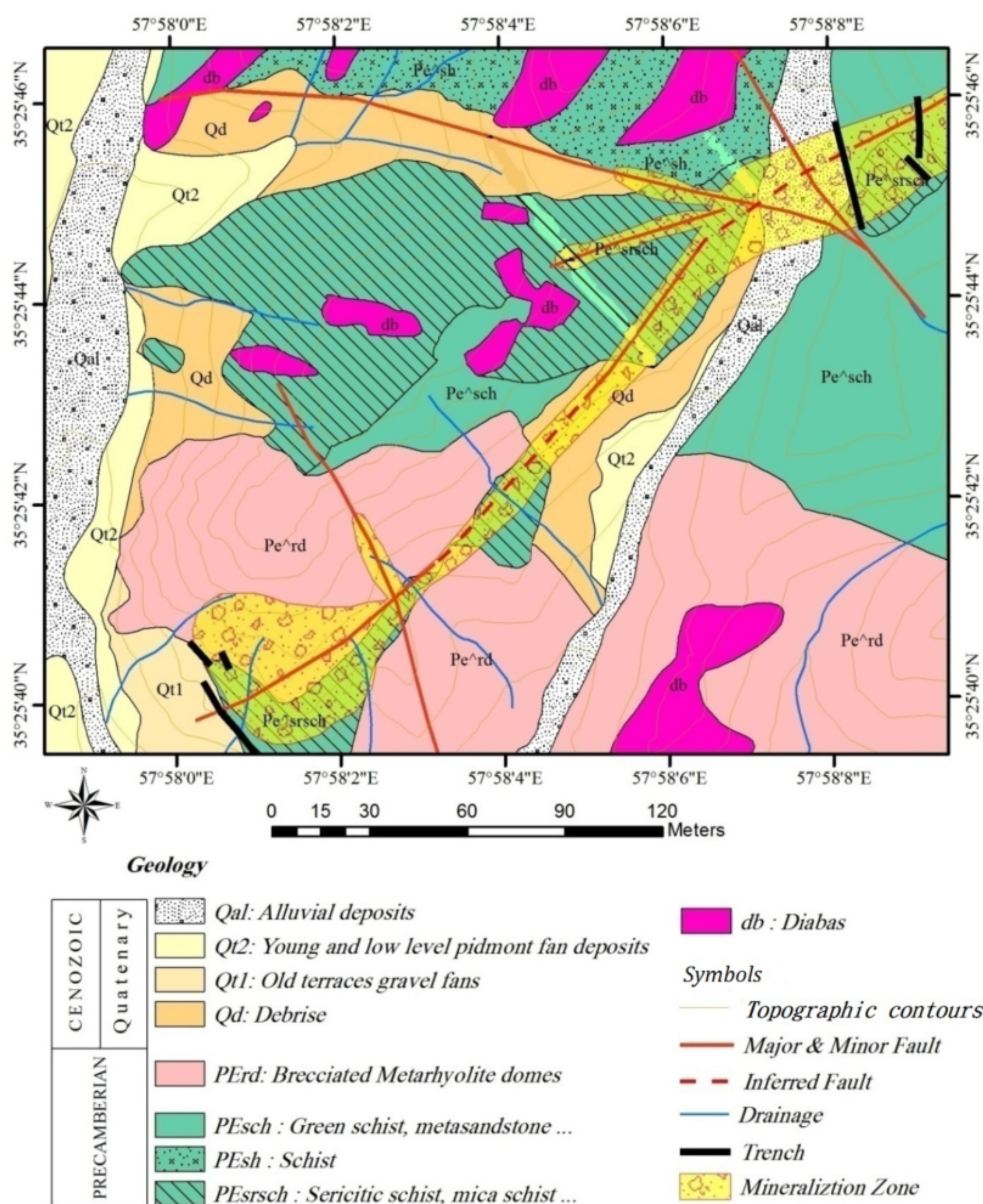
گرانیت‌ها بیشتر از نوع گرانیت قلیایی و دیوریت‌ها به صورت هورنبلند دیوریت هستند. سن گرانیت، گرانودیوریت و دیوریت‌های تکنار به پرکامبرین نسبت داده شده است [۹-۱۱]. آزمایش پرتوسنجی سن ۵۴۰ میلیون سال را برای دیوریت‌ها نشان داده است [۱۲]. نتایج سن‌سنجی به روش U-Pb بر زیرکن‌ها سن گرانودیوریت‌ها را ۵۵۲ میلیون سال و سن گرانیت‌ها را ۵۳۸ میلیون سال تعیین کرده است [۸].

پس از پالئوزوئیک، توده‌های نفوذی دیگری چون ترونجمیت پورفیری، بیوتیت گرانیت، گرانیت، کوارتزمونزونیت و کوارتزمونزودیوریت به درون تشکیلات تکنار نفوذ کرده‌اند که برخی آز آنها مانند متاگرانودیوریت و متاگرانیت لکه‌ای شواهدی از دگرگونی را نشان می‌دهند [۳]. همچنین بر اساس بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، توده‌های دیگری با نام دایک‌های دیابازی با سن ۸/۸ میلیون سال (دیرینه‌زا) به درون تشکیلات قدیمی نفوذ کرده‌اند.

در این پهنه سنگ‌های کربناتی کامبرین میانی در یک زیرساخت کم‌عمق دریایی بر جای گذاشته شده‌اند. این سری از پایین به بالا شامل دولومیت تیره رنگ ضخیم لایه تا آهک‌های لایه نازک است. رسوب‌های مربوط به اردویسین، توالی ازدولومیت‌های چرت‌دار و کوارتزیت است که در این مجموعه بطور تدریجی بر رسوبات کامبرین پسین قرار گرفته است. سنگ‌های آهکی سیاه رنگ، شیل‌ها و ماسه سنگ‌های رنگین همراه با مارن‌های تیره توالی سیلورین پسین را در منطقه تشکیل می‌دهند. سنگ‌های دونین منطقه مورد نظر را دولومیت‌های سازند سیبزار، آهک لایه ضخیم و شیل همراه با مارن سازند بهرام تشکیل می‌دهند. واحدهای منسوب به پرمین میانی تا پسین منطقه شامل سنگ آهک‌هایی است که معادل با بخشی از سازند جمال در نظر گرفته شده است. رخنمون رسوبات تریاس در گستره نقشه بردسکن دیده نشده است. بنابراین یک نبود چینه‌شناسی بین آهک‌های موسوم به جمال و رسوبات ژوراسیک وجود دارد. در ژوراسیک پیشین، رسوبات شبیه سازند شمشک با یک جوش سنگ قاعده‌ای شروع می‌شود و با تناوب شیل و ماسه سنگ ادامه می‌یابد. در ژوراسیک پسین، نهشته‌های ماسه سنگ و جوش سنگ (سازند گردو) بر جای گذاشته شده است [۶].

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

تنوع سنگ‌ها در منطقه دامن‌قر بسیار محدود است، به طوری که تقریباً همه سطح منطقه را تشکیلات سازند تکنار به همراه سنگ‌های آذرین نفوذی دیرینه‌زا پوشانده است (شکل ۲). دو گروه سنگ آذرین در منطقه وجود دارد. کهن‌ترین و مهمترین واحدهای منطقه دامن‌قرشامل سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده متاداسیت، متاریوداسیت و متاریولیت، وابسته به بخش زیرین سازند تکنار هستند. رخنمون آتشفشانی‌های دگرگون شده تکنار شامل متاریولیت و متاداسیت‌های سازند تکنار در این گستره به صورت تپه ماهور تا صخره‌های کم ارتفاع در زمین‌های پست از جنس شیست سبز و سریسیت شیست دیده می‌شود. ریولیت و ریوداسیت‌های سازند تکنار دارای رنگ سبز تا خاکستری هستند و طی زمان‌های طولانی در اثر فرآیندهای زمین‌ساختی ناحیه‌ای، زمین‌ساخته و دگرگون شده و دچار دگرسانی‌های گسترده‌ای شده‌اند. شدت دگرسانی در این سنگ‌ها نیز متوسط تا زیاد است. دگرسانی‌های رسی- سیلیسی در این واحد به طور بسیار مشخص گسترش یافته است.



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی - کانی‌سازی منطقه دامن قر (برگرفته از مرجع [۵] با تصحیحات).

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

جوان‌ترین سنگ‌های منطقه مورد بررسی، دیابازهای وابسته به دیرینه‌زا هستند که به درون تشکیلات تکنار نفوذ کرده‌اند (شکل ۲). با توجه به شواهد صحرایی مبنی بر نفوذ دیابازها به درون تشکیلات قدیمی‌تر، سن این دیابازها جوانتر از تشکیلات سازند تکنار بوده واحتمالاً واحدی از مجموعه آمیخته هستند که مجموعه آتشفشانی تکنار را به صورت توده‌های نفوذی قطع نموده‌اند. رنگ این سنگ‌ها در نمونه‌های دستی سبز زیتونی تا سبز تیره با بافت پوست ماری تا نیمه پوست ماری است. درصد درشت بلورهای آن کم است و بیشتر حجم سنگ را کانی‌های ریزدانه تشکیل می‌دهد.

روش بررسی

در این پژوهش، براساس بازدیدهای صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی، نقشه زمین‌شناسی تصحیح و نقشه‌های کانی-سازی- دگرسانی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰ با استفاده از نرم-افزار ArcGIS تهیه شدند. حدود ۲۰۰ مقطع نازک از سریسیت شیست‌ها، متاریولیت‌ها و دیابازهای موجود در پهنه کانی‌سازی و رخنمون‌های بدون دگرسانی تهیه و بررسی شد. همچنین ۷ مقطع نازک- صیقلی و ۷ قطعه صیقلی برای بررسی‌های دگرسانی و کانی‌سازی انتخاب شد. تعداد ۱۷ نمونه از پهنه کانی‌سازی به روش خرده سنگی برداشت شد و پس از خردایش و نرمایش، برای ۴۵ عنصر به روش ICP-OES و برای طلا به روش عیارسنجی گرمایی در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران در کرج بررسی شدند. همچنین سازمان زمین-شناسی به منظور انجام اکتشافات معدنی در منطقه‌ای گسترده تعداد بیش از ۱۰۰۰ نمونه را به روش‌های ICP-OES و عیارسنجی گرمایی تجزیه کرده بود [۴] که از یافته‌های آنها در این منطقه مورد بررسی استفاده شد سپس، نقشه‌های زمین شیمیایی لازم تهیه و داده‌ها به کمک اطلاعات زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی تفسیر شد.

دگرسانی و کانی سازی

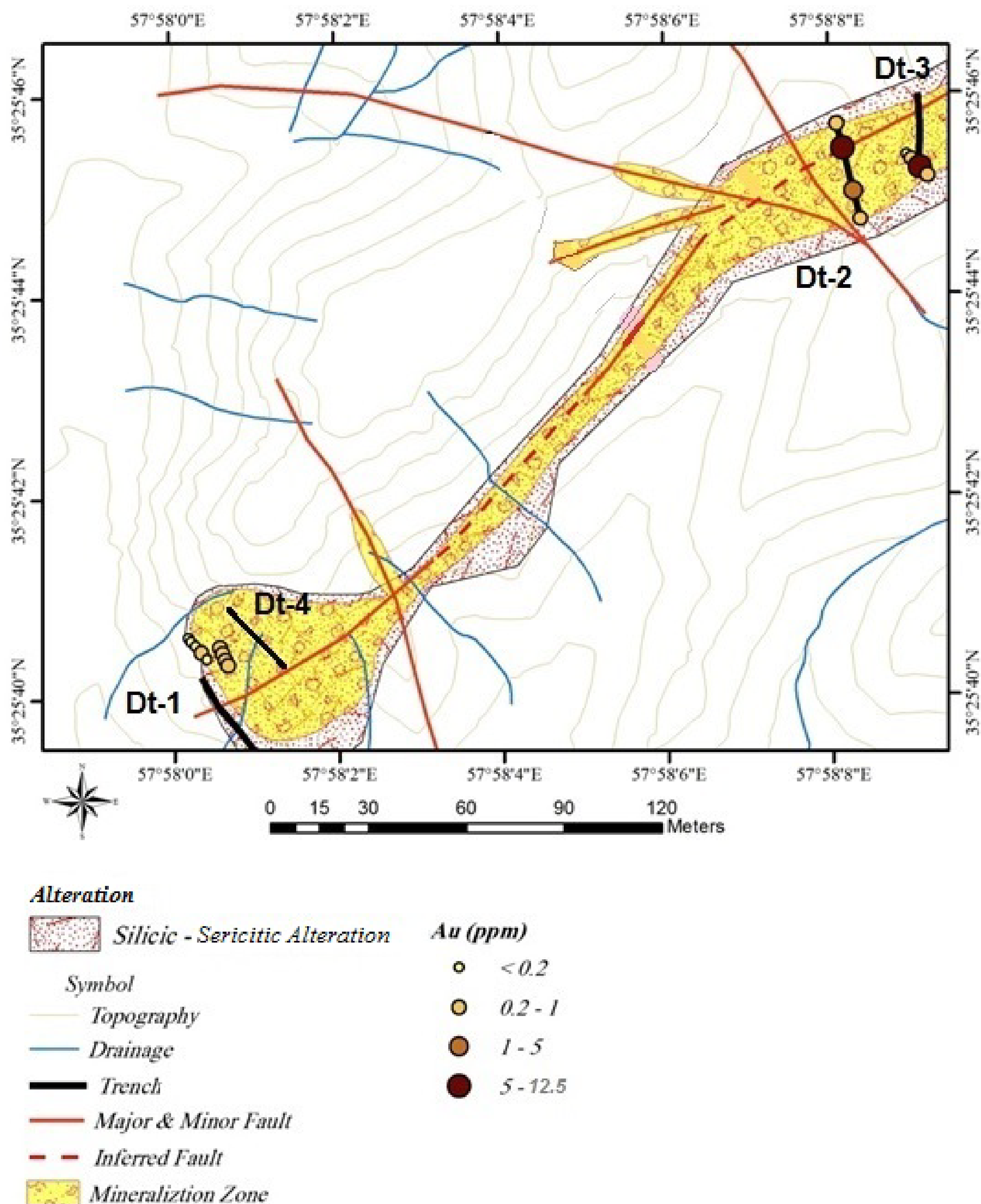
در منطقه مورد بررسی، دگرسانی قابل توجه و گسترده‌ای دیده نمی‌شود. مهمترین دگرسانی موجود دگرسانی سیلیسی-سریسیت همراه با رگه و رگچه های کانی‌دار بوده که به شکل خطی و منطبق بر پهنه کانی‌سازی است (شکل ۳). حفاری‌های مربوط به عملیات اکتشافی انجام شده توسط سازمان زمین-شناسی و اکتشافات معدنی کشور [۵] نیز با روند شمالشرقی-جنوبغربی منطبق بر این پهنه است.

پهنه سریسیتی برآمده از دگرسانی‌های گرمابی بیشتر در سریسیت شیست‌های قدیمی (مربوط به دگرگونی ناحیه‌ای) و کمتر در متاریولیت‌های سازند تکنار دیده می‌شود. متاریولیت-های غنی از آلومینیم و شیست‌ها در اثر محلول‌های اسیدی آب کافت شده و کاتیون‌های Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Fe^{+2}, SiO_4^{-4}, K^{+} آنها توسط محلول حمل شده و سریسیت، کائولین، دیکیت،کوارتز و پیریت تشکیل شده است [۱۳]. پهنه سیلیسی نیز همراه با رگه کانی‌سازی بیشتر در متاریولیت‌ها و کمتر در سریسیت شیست‌ها حضور دارد. رنگ دگرسانی سیلیسی-سریسیتی در صحرا از سبز کم رنگ تا خاکستری روشن (در شدت‌های ضعیف) و قرمز تا قهوه‌ای (در شدت‌های متوسط تا شدید) به علت وجود اکسیدهای آهن ناشی از اکسایش سولفیدها متغیر است (شکل۴ الف). کانی‌های اصلی این پهنه کوارتز و سریسیت و کانی فرعی آن پیریت است. کوارتز ثانویه بیشتر در زمینه سنگ و مقداری در رگچه‌های باریک با فراوانی ۱۰ درصد در شدت‌های ضعیف تا حدود ۴۰ درصد حجم سنگ در بخش‌های شدید دیده می‌شود. سریسیت بیشتر جانشین فلدسپات‌های سنگ شده است و کمتر در متن سنگ حضور دارد. مقدار این کانی از ۱۰ درصد در شدت‌های ضعیف تا حدود ۲۰ درصد حجم سنگ در بخش‌های شدید متغیر است. در بخش‌هایی از پهنه سیلیسی- سریسیتی شدید، فلدسپات‌ها تا ۹۰ درصد به سریسیت تبدیل شده‌اند. قالب‌های پیریت که بیشتر به گوتیت و هماتیت اکسید شده‌اند، گاهی تا ۲۰ درصد در بخش‌های دگرسان شده متوسط تا شدید این پهنه در جنوب غرب منطقه دیده مشاهده می‌شود (شکل۴ ب).

پهنه کانی‌سازی به شکل خطی و با کنترل گسلی به عرض ۲ تا ۶۰ متر (متوسط ۲۰ متر) و طول ۳۰۰ متر دیده می‌شود (شکل ۴ پ). راستای رگه که در کمر بالای پهنه کانی‌سازی قرار دارد N 50 E و شیب آن 70 NW است و در سنگ میزبان شیستی و متاریولیتی به ضخامت ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر دیده می‌شود. کانی‌سازی شامل کانی‌های اولیه پیریت و کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه کولیت، مالاکیت، آزرویت، هماتیت، گوتیت و لیمونیت همراه با باطله‌های کوارتز و سریسیت و کمتر کانی رسی است (شکل‌های ۴ پ تا ح). اندازه

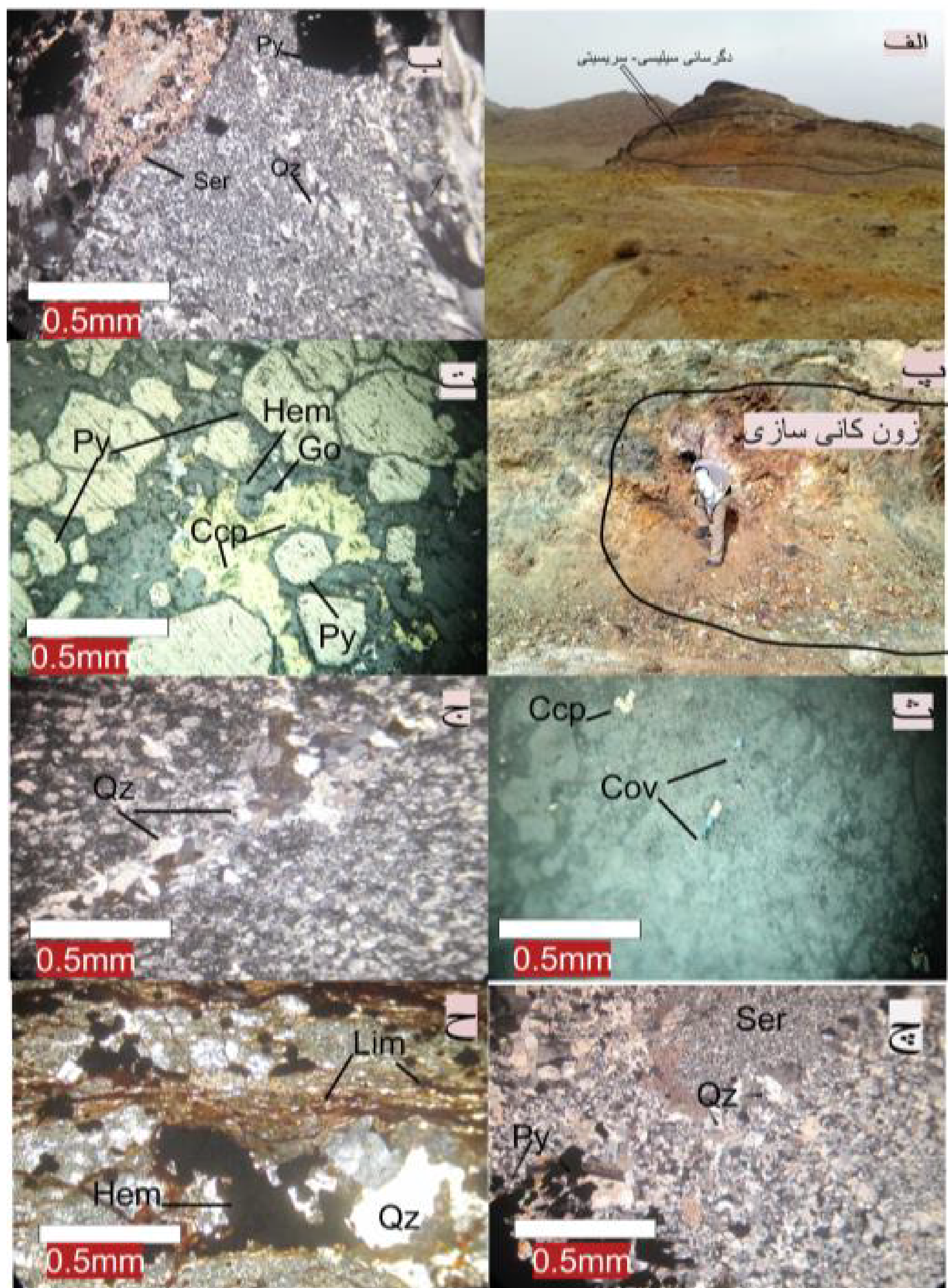
[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

کانی‌های فلزی ۰/۱ تا ۵ میلیمتر است و در برخی نمونه‌ها تا ۳۰ درصد حجم زمینه سنگ را تشکیل می‌دهد. فراوانی رگچه‌ها نیز بین ۱۰ تا ۱۵ عدد در هر مترمربع بوده و شامل رگچه‌های کوارتز، کوارتز- پیریت و کوارتز- پیریت- کالکوپیریت است. از آنجا که پهنه کانی‌سازی، شیست‌ها و سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده سازند تکنار را قطع نموده است، جوانتر از پرکامبرین است. اما ارتباط آن با دیابازهای دیرینه‌زا مشخص نیست.



شکل۳ نقشه دگرسانی- کانی‌سازی همراه با مقادیر زمین‌شیمیایی میانگین طلا در نمونه‌های خرده‌سنگی برداشت شده از ترانشه‌ها در منطقه دامن‌قر.

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]



شکل ۴ الف) تصویر صحرایی از پهنه دگرسانی سیلیسی- سریسیتی منطقه دامن‌قر همراه با اکسیدهای آهن ثانویه. تصاویر میکروسکوپی از ب) دگرسانی سیلیسی- سریسیتی دربردارنده کانی‌های ثانویه کوارتز و سریسیت (در نور XPL). پ) پهنه کانی‌سازی رگه‌ای، ت و ث) تبدیل پیریت به گوتیت و کالکوپیریت به هماتیت و کوولیت (در نور PPL)، ج و چ) کوارتز در رگچه و متن سنگ، سریسیت، پیریت همراه بادگرسانی سیلیسی- سریسیتی (در نور XPL) و ح)کانی‌های ثانویه اکسید آهن، کوارتز و سریسیت (در نور XPL)، (Qz=کوارتز، Ser= سریسیت، Py= پیریت، Ccp=کالکوپیریت، Co= کوولیت، Hem= هماتیت، Go=گوتیت و Lim= لیمونیت [۱۴]).

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

کانی‌شناسی

پیریت: این کانی در واحدهای شیستی اغلب به صورت بلورهای ریز با بافت پراکنده در متن سنگ دیده می‌شود. اندازه دانه‌ها ۰/۱ تا ۳ میلیمتر بوده و درصد فراوانی آن از کمتر از ۲ درصد و گاهی تا ۳۰ درصد حجم سنگ متغیر است. برخی از آنها شکل‌دار و برخی دیگر نیمه شکل‌دار هستند. همچنین رگچه‌هایی به عرض ۰/۵ تا ۵ میلیمتر از کوارتز- پیریت و کوارتز- پیریت- کالکوپیریت نیز در آنها به چشم می‌خورد (شکل‌های ۴ ت و چ). در بخش‌های سطحی منطقه بیشتر پیریت‌ها اکسید شده و به کانی‌های گوتیت، هماتیت و لیمونیت تبدیل شده‌اند به طوری که رنگ رخنمون‌های محل کانی‌سازی را زرد تا قرمز جلوه می‌دهند (شکل ۴ پ). اکسیدهای آهن ثانویه نیز از کمتر از ۱ درصد تا بیش از ۱۵ درصد حجم سنگ دیده می‌شوند.

کالکوپیریت: این کانی نیز همراه پیریت در شیست‌ها و متاریولیت‌ها به صورت دانه پراکنده و رگچه‌های کوارتز- پیریت- کالکوپیریت حضور دارد. البته فراوانی آن در سریسیت شیست‌ها بیشتر است و ۲ تا ۳ درصد کانی‌های فلزی را به خود اختصاص می‌دهد. بلورهای کالکوپیریت اغلب بی‌شکل هستند اما در موارد شکل‌دار اندازه آنها تا ۵ میلیمتر است. از نظر روابط همبرزایی، ارتباط قطع شدگی ویژه‌ای بین پیریت و کالکوپیریت دیده نمی‌شود و به نظر می‌رسد که این دو کانی همزمان تشکیل شده‌اند. بخش عمده این کانی نیز به هماتیت، کوولیت، مالاکیت و کمتر به آزوریت در قسمت‌های مختلف تبدیل شده است (شکل‌های ۴ ت و ث).

کانی‌های ثانویه مس: این کانی‌ها شامل کوولیت، مالاکیت و آزوریت هستند و از اکسایش کانی‌های سولفیدی اولیه مس چون کالکوپیریت تشکیل شده‌اند. کوولیت دارای فراوانی کمتر از ۰/۱ درصد است و تنها به همراه رگچه‌های کالکوپیریت‌دار اکسید شده دیده می‌شود (شکل ۴ ث). در برخی مناطق، کانی مالاکیت و کمتر آزوریت تا ۲ درصد سطح رگه کانی‌سازی را تشکیل داده است و به رنگ سبز در ترانشه‌ها و پیشکارهای قدیمی دیده می‌شود.

اکسیدهای آهن ثانویه: این کانی‌ها شامل هماتیت، گوتیت و کمتر لیمونیت هستند که تا بیش از ۱۵ درصد کانی‌سازی رگه‌ای را تشکیل می‌دهند و از اکسایش کانی‌های سولفیدی اولیه بویژه پیریت بوجود آمده‌اند. این کانی‌ها به صورت رگچه‌ای، گل کلمی و شبکه‌ای دیده می‌شوند (شکل ۴ ح).

کوارتز: بیشترین کانی باطله همراه با پهنه کانی‌سازی، کوارتز است. فراوانی آن در متاریولیت‌ها به مراتب بیش از شیست‌هاست. در برخی نمونه‌ها تا ۴۰ درصد حجم سنگ را کوارتز ثانویه تشکیل می‌دهد. برخی دانه‌های کوارتز در اثر فرآیندهای دگرگونی ناحیه‌ای دچار بازتبلور شده‌اند، به طوری که به صورت انباشت‌های ریزبلورهای کوارتز با لبه‌های نامنظم و خاموشی موجی دیده می‌شوند (شکل‌های ۴ ج تا ح). کوارتز ثانویه در متاریولیت‌ها به صورت رگچه‌ای نیز وجود دارد. این رگچه‌ها انواع بافت‌های شانه‌ای، موزائیکی و یا بدون شکل را نشان می‌دهند.

سریسیت: سریسیت در اثر دگرسانی پلاژیوکلازها و فلدسپات‌های قلیایی به واسطه محلول‌های گرمابی تشکیل شده است و گاهی تا ۲۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهد (شکل‌های ۴ ب و چ).

با توجه به نتایج بررسی‌های دگرسانی، کانه‌نگاری و مقاطع نازک در منطقه دامن‌قر، می‌توان روابط همبرزایی و تقدم و تأخر تشکیل کانه‌ها را به صورت شکل ۵ نشان داد.

Minerals	Hypogene (Early — Late)	Supergene
Pyrite		
Chalcopyrite		
Quartz		
Sericite		
Covellite		
Malachite		
Azurite		
Hematite		
Goethite		
Limonite		

شکل۵ توالی همبری کانی‌های فلزی و غیرفلزی در کانسار دامن‌قر.

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

زمین‌شیمی اکتشافی

از ترانشه‌های موجود در پهنه کانی‌سازی واقع در منطقه دامن‌قر که توسط سازمان زمین شناسی احداث شده‌اند، تعداد ۱۷ نمونه خرده‌سنگی جهت آزمایش‌های ICP-OES و عیارسنجی گرمایی به‌منظور تعیین مقادیر ۴۵ عنصر و طلا برداشت شد. یافته‌های سازمان زمین‌شناسی پیرامون منطقه نیز مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج تجزیه عناصر مهم معدنی در نمونه‌های خرده‌سنگی برداشت شده که در جدول ۱ ارائه شده است در ادامه بیان می‌شوند.

طلا: مقدار طلا در ترانشه‌ها بین ۰٫۰۱تا ۱۲٫۵ گرم در تن متغیر است جدول ۱ و شکل ۳. بیشترین مقدار طلا (۱۲٫۵گرم در تن) در نمونه شماره ۳ در ترانشه DT3 در سریسیت شیست‌های مجاور با دایک دیابازی با دگرسانی شدید سیلیسی- سریسیتی اندازه‌گیری شده است. با وجود مقدار چشم‌گیر طلا، تاکنون هیچگونه دانه طلای آزاد در منطقه دیده نشده است. احتمالا بخش عمده طلا در ساختار پیریت و کالکوپیریت حضور دارد.

نقره: مقدار نقره در نمونه‌های مختلف بین ۰٫۲ تا ۳۰ گرم در تن تغییر می‌کند (جدول ۱). بیشترین مقدار نقره در نمونه شماره ۱ ترانشه DT1 که در مرز متاریولیت‌ها و شیست‌ها با دگرسانی سیلیسی- سریسیتی حفر شده است، دیده می‌شود. در این نمونه، مقادیر مس، روی و آنتیموان نیز بالاست.

مس: مقدار مس بین ۲۵ تا ۸۶۰ گرم در تن متغیر است (جدول ۱). بیشترین مقدار مس (۸۶۰ گرم در تن) در نمونه شماره ۴ ترانشهDT1 در نزدیکی متاریولیت‌های برشی شده و رگه به شدت سیلیسی شده همراه با اکسیدهای آهن فراوان اندازه‌گیری شده است. آثار کانی‌های ثانویه مس در این قسمت دیده می‌شود.

سرب: مقدار سرب بین ۷ تا ۹۸ گرم در تن تغییر می‌کند (جدول ۱). بیشترین مقدار سرب ۹۸ گرم در تن مربوط به نمونه شماره ۱ ترانشه DT4 است. در این نمونه، مقدار مس با ۴۷۰ گرم در تن به نسبت بالاست. کانی سرب‌داری در منطقه دیده نشده است و ناهنجاری پایین سرب نیز این امر را تایید می‌کند.

روی: کمترین مقدار روی ۹۲ گرم در تن و بیشترین مقدار آن ۹۲۵۹ گرم در تن در نمونه شماره ۵ ترانشه DT1 اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). سایر نمونه‌های این ترانشه نیز مقدار بالایی از روی را نشان می‌دهند. کمترین مقدار طلا نیز مربوط به این ترانشه است. کانی شامل روی نیز در بررسی‌ها شناسایی نشده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه نمونه‌های خرده‌سنگی برداشت شده از ترانشه‌ها در منطقه دامن‌قربه روش عیارسنجی گرمایی برای طلا و ICP-OES برای سایر عناصر

نام ترانشه	شماره نمونه	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			Au ppm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Bi ppm	Sb ppm
		درجه	دقیقه	ثانیه	درجه	دقیقه	ثانیه								
DT1	DT1-1	۵۷	۵۸	۰٫۱۲	۳۵	۲۵	۴۰٫۶۱	۰٫۰۶	۳۰٫۰۸	۳۴۰	-	۲۲۳۳	۲۶	۰٫۶	۱۶۰
	DT1-2	۵۷	۵۸	۰٫۱۶	۳۵	۲۵	۴۰٫۵۸	۰٫۰۵	۰٫۴	۱۷۰	-	۱۸۰	۱۸	۱٫۱	۹
	DT1-3	۵۷	۵۸	۰٫۲۰	۳۵	۲۵	۴۰٫۵۴	۰٫۱	۰٫۲	۲۳۰	-	۹۳	۳	۱٫۶	۲
	DT1-4	۵۷	۵۸	۰٫۲۸	۳۵	۲۵	۴۰٫۴۷	۰٫۴۱	۰٫۲	۸۶۰	-	۱۸۵	۱۳	۳	۵
	DT1-5	۵۷	۵۸	۰٫۳۵	۳۵	۲۵	۴۰٫۴۰	۰٫۰۳	۱	۲۴	-	۹۲۵۹	۱	۰٫۲	۱
DT2	DT2-1	۵۷	۵۸	۸٫۰۵	۳۵	۲۵	۴۵٫۵۹	۰٫۸	۰٫۵	۱۸۰	۲۵	۱۲۰	۸	۲۹٫۲	۱
	DT2-2	۵۷	۵۸	۸٫۱۲	۳۵	۲۵	۴۵٫۴۵	۱۰٫۹	۰٫۸	۲۳۰	۲۱	۱۱۰	۱۷	۸٫۱	۱
	DT2-3	۵۷	۵۸	۸٫۲۵	۳۵	۲۵	۴۵٫۰۲	۴٫۳۶	۰٫۳	۲۲۰	۱۸	۸۰	۱۸	۱۲٫۶	۱
	DT2-4	۵۷	۵۸	۸٫۳۴	۳۵	۲۵	۴۴٫۷۴	۰٫۸۵	۰٫۲	۱۰۵	۷	۱۲۰	۱۶	۲٫۵	۱
DT3	DT3-1	۵۷	۵۸	۸٫۹	۳۵	۲۵	۴۵٫۳۸	۰٫۱۸	۰٫۳	۲۱۰	۲۹	۱۶۰	۹	۱۱٫۱	۱
	DT3-2	۵۷	۵۸	۸٫۹۶	۳۵	۲۵	۴۵٫۳۳	۰٫۸	۰٫۵	۴۶۰	۲۹	۹۵	۲۱	۲۰٫۲	۱
	DT3-3	۵۷	۵۸	۹٫۰۶	۳۵	۲۵	۴۵٫۲۵	۱۲٫۵	۱٫۲	۳۲۰	۴۴	۱۶۰	۲۴	۱۲٫۶	۲
	DT3-4	۵۷	۵۸	۹٫۱۵	۳۵	۲۵	۴۵٫۱۷	۰٫۴۶	۰٫۲	۱۹۰	۲۱	۲۴۰	۱۶	۴٫۶	۱
DT4	DT4-1	۵۷	۵۸	۰٫۵	۳۵	۲۵	۴۰٫۵۲	۰٫۳	۱٫۲	۴۷۰	۹۸	۹۲	۱۷	۱	۳
	DT4-2	۵۷	۵۸	۰٫۵۳	۳۵	۲۵	۴۰٫۴۶	۰٫۵۲	۰٫۶	۲۲۰	۵۲	۱۲۰	۲۳	۱٫۵	۴
	DT4-3	۵۷	۵۸	۰٫۵۷	۳۵	۲۵	۴۰٫۳۹	۰٫۳	۰٫۸	۱۸۰	۳۷	۵۰	۲۵	۲	۲
	DT4-4	۵۷	۵۸	۰٫۶	۳۵	۲۵	۴۰٫۳۴	۰٫۲۴	۰٫۷	۳۸۰	۳۹	۸۰	۱۵	۲	۴

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

آرسنیک: به طور کلی مقدار آرسنیک در همه نمونه‌ها پایین بوده و مقدار آن بین ۱ تا ۲۶ گرم در تن متغیر است (جدول ۱).

بیسموت: کمترین مقدار بیسموت ۰٫۲ گرم در تن در نمونه ۵ ترانشه DT1 و بیشترین مقدار ۲۹٫۲ گرم در تن در نمونه ۱ ترانشهDT1 دیده می‌شود (جدول ۱). مقدار طلا نیز در این ترانشه قابل توجه است.

آنتیموان: بیشترین مقدار آنتیموان (۱۶۰ گرم در تن) در نمونه شماره ۱ ترانشه DT1 وجود دارد. مقادیر نقره، مس، روی و آرسنیک نیز در این نمونه قابل توجه است. مقدار آنتیموان در دیگر نمونه‌ها بسیار پایین است (جدول ۱).

در مجموع می‌توان گفت که ترانشه‌های DT2 و DT3 از نظر مقدار طلا و ترانشه DT1 به‌دلیل سایر عناصراهمیت دارند.

بحث و برداشت

در جدول ۲ گستره کانی‌سازی رگه‌ای طلادار دامن‌قر با کانسارهای طلای فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی پایین متوسط و بالا مقایسه شده است [۱۵- ۱۹]:

جایگاه زمین‌ساختی: کانسارهای طلای فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی پایین در محیط‌های کششی قاره‌ای، جزایر کمانی، نزدیک محیط‌های پشت کمان و محیط‌های کششی پس از برخورد تشکیل می‌شوند. کانسارهای طلای فراگرمایی با سولفیدشدگی متوسط در کمان‌ها و کافت‌های درون قاره‌ای کششی و جزایر کمانی کششی و کانسارهای با سولفیدشدگی بالا در لبه‌های کمان‌های قاره‌ای کششی و فشارشی بوجود می-آیند [۱۵-۱۹]. منظمی [۸] جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی منطقه دامن‌قر در پهنه تکنار را به یک محیط کافت اصلی درون قاره‌ای نسبت داده است. اما کانی سازی طلا در این منطقه وابسته به توده‌های نیمه عمیق ترشیاری و کمان‌های ماگمایی است.

جدول ۲ مقایسه ویژگی‌های شاخص انواع کانسارهای طلای فراگرمایی [۱۵ - ۱۹] و کانسار منطقه دامن‌قر.

ویژگی	کانسارهای فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی پایین	کانسارهای فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی متوسط	کانسارهای فراگرمایی با درجه سولفیدشدگی بالا	منطقه دامن‌قر
جایگاه زمین ساختی	گسترش قاره‌ای و جزایر کمانی	گسترش قاره‌ای و پهنه فشارشی	لبه‌های کمان‌های قاره‌ای کششی و فشارشی	کافت درون قاره‌ای
سنگ میزبان	آتشفشانی، آذرآواری و واحدهای رسوبی و گنبدهای ریولیتی	آتشفشانی، جریان‌های لاوایی، آذرآواری، واحدهای رسوبی	گدازه، آذرآواری، واحدهای نیمه عمیق پورفیری	سنگهای رسوبی و آتشفشانی ریولیتی دگرگون شده
شکل و حالت کانی-سازی	رگه، داربستی، رگه برشی، برش پرشده، افشان	رگه، داربستی، رگه برشی، برش پرشده، افشان	جانشینی، برشی، رگه‌ای، توده‌ای	رگه- رگچه و افشان
کانه‌ها	الکتروم، آکانتیت، آرژانتیت، سولفوسالت‌ها	الکتروم، کالکوپیریت، پیریت، آکانتیت، سولفوسالت‌ها، اسفالریت، گالن، سلنیدها و تلوریدها	آنارژیت، بورنیت، کالکوپیریت، طلای آزاد، پیریت و اسفالریت	پیریت، کالکوپیریت
دگرسانی	کوارتز، ایلیت، اسمکتیت، آدولاریا	کوارتز، سریسیت	کوارتز حفره‌دار، آلونیت، آرژیلیک پیشرفته	کوارتز و سریسیت
ناهنجاری زمین شیمیایی	طلا و نقره	طلا، نقره مس، سرب و روی	مس، طلا، نقره (سرب، روی، آرسنیک،قلع، تنگستن، بیسموت)	طلا، نقره، مس، روی و آنتیموان

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

سنگ میزبان: در کانسارهای طلای فراگرمایی با سولفیدشدگی پایین، سنگ میزبان از نوع ریولیت و بازالت آهکی قلیایی به شکل گنبدی، آذارآواری و واحدهای رسوبی است. در کانسارهای با سولفیدشدگی متوسط، سنگ میزبان از نوع آندزیت، ریوداسیت و ریولیت آهکی قلیایی به شکل گدازه و آذرآواری است. در کانسارهای با سولفیدشدگی بالا، سنگ میزبان از نوع آندزیت و ریوداسیت آهکی قلیایی به شکل گدازه، آذرآواری و واحدهای نیمه عمیق پورفیری است [۱۵-۱۹]. سنگ میزبان منطقه دامن‌قر واحدهای رسوبی و آتشفشانی ریولیتی دگرگون شده است.

شکل و حالت کانی‌سازی: شکل کانی‌سازی در کانسارهای فراگرمایی سولفیدشدگی پایین رگه‌ای، داربستی، برشی و دانه پراکنده، در نوع با سولفیدشدگی متوسط، رگه‌ای برشی و داربستی و در نوع با سولفیدشدگی بالا از نوع جانشینی، برشی، رگه‌ای و توده‌ای است [۱۵- ۱۹]. در منطقه دامن‌قر، کانسار به شکل رگه‌ای و دانه پراکنده دیده می‌شود.

دگرسانی: در کانسارهای با سولفیدشدگی پایین، کانی‌های شاخص ایلیت، آدولاریا و کوارتز، در نوع با سولفیدشدگی متوسط، کوارتز و سریسیت و در نوع با سولفیدشدگی بالا، سیلیس حفره‌دار و آلونیت هستند و دگرسانی آرژیلی پیشرفته دیده می‌شود [۱۵-۱۹]. شریسیت شیست‌های قدیمی سازند تکنار، در اثر دگرگونی ناحیه‌ای دارای سریسیت و متاریولیت‌ها نیز دارای سلیس فراوان هستند. البته دگرسانی کاملاً مشخص که ناشی از فعالیت محلول‌های گرمابی بوده و آشکارا از دگرگونی‌های قدیمی قابل تفکیک است از نوع کوارتز- سریسیت بوده که از این جهت مشابه ذخایر با سولیفیدشدگی متوسط است.

نوع کانه‌ها: کانه‌های اصلی در کانسارهای با سولفیدشدگی پایین، شامل الکتروم، آکانتیت، آرژانتیت و سولفوسالت‌ها و در نوع با سولفیدشدگی متوسط الکتروم، کالکوپیریت، پیریت، آکانتیت، سولفوسالت‌ها، اسفالریت، گالن، سلنیدها و تلوریدها هستند. کانه‌های اصلی با کانسار با سولفیدشدگی بالا نیز شامل آنارژیت، بورنیت، کالکوپیریت، طلای آزاد، پیریت و اسفالریت هستند [۱۵- ۱۹]. کانی‌های اصلی منطقه مورد بررسی شامل پیریت و کالکوپیریت است و کانی شاخص سولفید بالا مانند آنارژیت یا بورنیت و سولفید پایین مثل آرژانتیت دیده نشده است.

عناصر فلزی: کانسارهای با سولفیدشدگی پایین دارای عناصر فلزی طلا ، نقره، سرب، روی، مس، مولیبدن، آنتیموان، جیوه و نوع با سولفیدشدگی متوسط دارای طلا، نقره، روی، مس، سرب، آنتیموان، آرسنیک، مولیبدن و جیوه و نوع کانسار با سولفیدشدگی بالا دارای مس، طلا، نقره، آرسنیک، سرب، روی، قلع، تنگستن و بیسموت هستند [۱۵-۱۹]. با توجه به آزمایش‌های زمین شیمیایی انجام شده در منطقه دامن‌قر، حضور فلزات طلا، نقره، مس، روی و آنتیموان اثبات شده است. توجه به عوامل کنترل کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی به منظور ارائه الگویی جهت شناسایی و اکتشاف کانسارهای مشابه در مناطقی که ویژگی‌های زمین‌شناسی همانند دارند، از مهمترین جنبه‌های بررسی هر کانسار است. برای این منظور، باید همه پدیده‌های مربوط به تشکیل و تمرکز ماده معدنی بررسی شود. براساس یافته‌ها و شواهد موجود، کانه‌زایی طلا در کانسار دامن‌قر به وسیله مجموعه‌ای از عوامل و فرآیندهای کلیدی چون گسل‌ها، ماهیت سنگ میزبان، نوع دگرسانی، جایگاه زمین‌ساختی، ساخت و بافت و توالی همبرزایی، نوع کانه‌ها و عناصر فلزی و برخی ویژگی‌های دیگر بررسی شد و مدل کانی‌سازی آن پیشنهاد گردید.

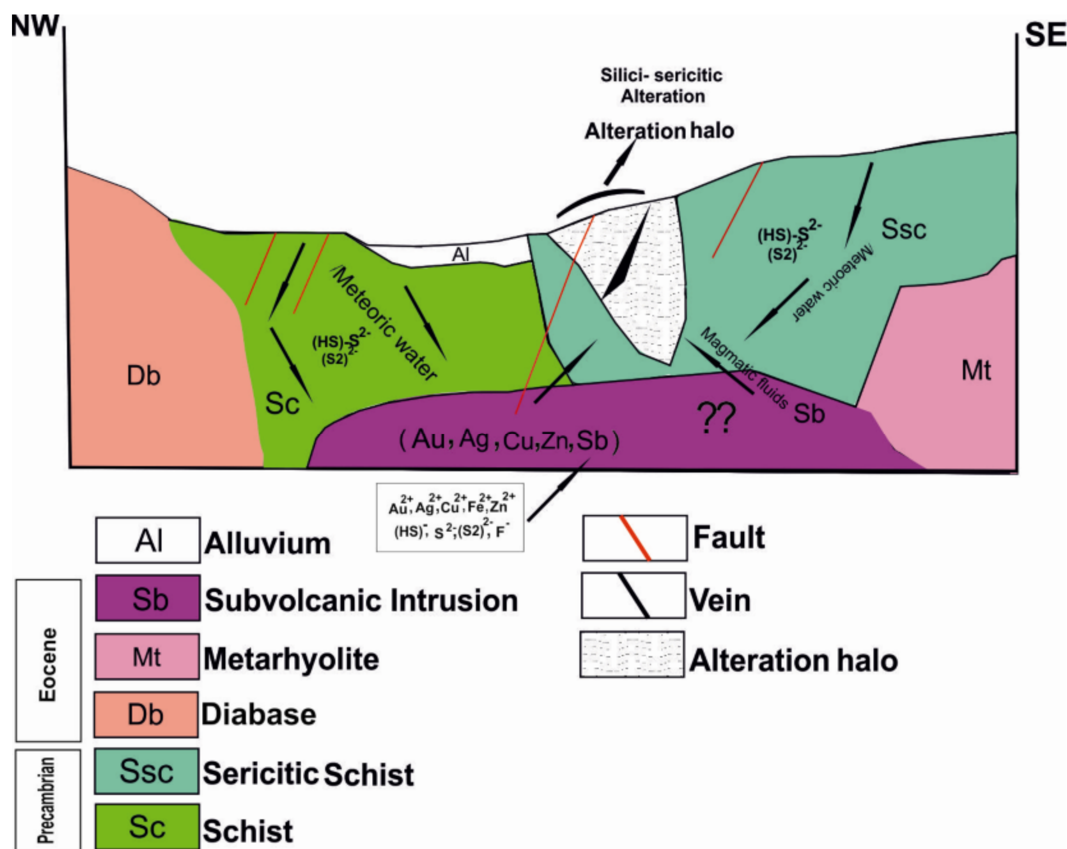
در مجموع، براساس شواهد جایگاه زمین‌ساختی، سنگ میزبان، کنترل ساختاری، شکل و حالت کانه‌زایی، نوع دگرسانی (سیلیسی- سریسیتی) و عدم وجود کانی‌های شاخص سولفید بالا در دگرسانی و سایر کانی‌ها چون؛ آلونیت، پیروفیلیت، کوارتز حفره‌دار، آنارژیت، بورنیت یا کانی‌های شاخص سولفید پایین مانند آدولاریا و آرژانتیت و سرانجام ناهنجاری‌های زمین شیمیایی، رخداد کانی‌سازی طلای دامن‌قر از نوع فراگرمایی سولفید متوسط و احتمالا وابسته به محلول‌های گرمابی برآمده از فعالیت‌های ماگمایی سنوزوئیک است.

شکل ۶ مدل احتمالی تشکیل کانه‌زایی طلای دامن‌قر را نشان می‌دهد. کانی‌سازی از آنجا که در پهنه‌های گسلی قطع کننده واحدهای رسوبی- آتشفشانی دگرگون شده تکنار و در

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

نتیجه به شکل روزادی تشکیل شده است و هیچ ارتباط زایشی با این سنگ‌ها ندارد و از سن پرکامبرین جوانتر است. واحدهای دیابازی جوانتر نیز با پهنه کانی‌سازی فاصله دارند و فاقد دگرسانی و کانی‌سازی هستند. از این رو، در این مدل پیشنهاد می‌شود که احتمالاً توده‌های نفوذی نیمه عمیقی در عمق حضور داشته باشند که در سازند تکنار نفوذ کرده و به عنوان خاستگاه فلزات و نیز موتور گرمایی عمل نموده‌اند. در این مدل، آبهای سطحی از طریق پهنه‌های گسلی پایین رفته و ضمن گرم شدن و شستن فلزات طلا، نقره، مس و غیره از توده نیمه عمیق و یا آمیختن با آب ماگمایی دربردارنده فلزات، از شکستگی‌ها و پهنه‌های گسلی به سمت بالا حرکت کرده و کانه‌های خود را برجای گذاشته‌اند. به طور معمول نیز در این حمل و ته‌نشست فلزات، کمپلکس‌های بی‌سولفیدی غالب هستند. اثبات کامل‌تر این نظریه نیازمند بررسی‌های عمقی و تجزیه سیال‌های درگیر است.

مشابه مدل کانی‌سازی دامن‌قر (طلای فراگرمایی سولفید متوسط) در کانسار طلای سه بندون در ۴۰ کیلومتری شمال بردسکن و به فاصله حدود ۲۲ کیلومتری شمال دامن‌قر در خارج از پهنه تکنار نیز معرفی شده است [۲۰]. با اینکه کانی-سازی طلای سه بندون در پهنه سبزوار و به میزبانی افیولیتی سبزوار با سن کرتاسه پسین تشکیل شده است، اما احتمالاً وابسته به توده‌های نفوذی نیمه عمیق سینیتی و کوارتزمونزونیتی سنوزوئیک است که در آن منطقه رخنمون دارند [۲۰]. بنابراین شواهد نشان می‌دهد که مدل احتمالی پیشنهاد شده برای دامن‌قر دور از انتظار نیست و می‌توان گفت که منطقه شمال بردسکن به دلیل فعالیت‌های ماگمایی-گرمابی جوان ترشیری مستعد تشکیل کانی‌سازی‌های طلای فراگرمایی است.



شکل۶ نیمرخ مدل احتمالی تشکیل رخداد کانه‌زایی دامن‌قر (بدون مقیاس).

[DOI: 10.29252/ijcm.27.3.621]

قدردانی

این پروژه در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۳۱۶۵۳/۳ مورخ ۱۳۹۳/۴/۱۴ در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. از حمایت مالی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) و انجام برخی از بررسی‌ها در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران قدردانی می‌نماییم.

مراجع

[1] Lindenberg H.G., Jacobshagen *V., "Post-Paleozoic geology of the Taknar zone and adjacent area, NE Iran. Khorasan"*, GSI Report No 51, (1983) 145-163.

[2] Karimpour M.H., Lang Farmer G., Stern C.R., Salati E.,*"U-Pb zircon geochronology and Sr-Nd isotopic characteristic of Late Neoproterozoic Bornaward granitoids (Taknar zone exotic block), Iran"*, Vol .19 No. 1, (2011)1-18.

[3] Karimpour M.H., Rahimi B., Zirjanizadeh S., Salati E., *" Petrology of intrusive bodies of Taknar mining area"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy,Vol. 18, No. 1, (2010) 7-6

[4] Shafarudi A., *"Petrography, mineralography and geochemistry of polymetal (Cu, Zn, Au, Ag, Pb) Taknar ore deposit and presentation of its mineralization model",M.Sc.* thesis of economic geology", Ferdowsi University of Mashhad, (2001) 287.

[5] Management of Geology and Mineral Exploration of the North-East Region(Iran) *"Damanghor Exploration Gold Report"*, (2014)14-26.

[6] Shahrabi M., Hoseini M., Shabani K.*," 1:100000 Geological map of Bardaskan"*, Geological and Mineralogocal Exploration Survey of Iran, (2010)

[7] Muller R., Walter R., *"Geology of the Precambrian–Paleozoic Taknar Inliers, Northwest of Kashmar"*, Khorasan Province, NE Iran, GSI Report, No .51, (1983) 165–183.

[8] Monazzami R., *"Mineralization, Geochemistry, Magnetometry and Petrogenesis of Intrusive-Volcanic Bodies in Taknar Mining Areas, Bardaskan"*, Ph.D. Thesis of Economic Geology, Ferdowsi University of Mashhad (2017) 486.

[9] Forster H.,*"Associations of volcanic rocks in the mountains South of Sabzevar"*(NE Iran), IGK 2, 23, (1968) 197- 212.

[10] Karimpour M. H., Stern C. R., Farmer L., Saadat S., Malekzadeh A., *"Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to Quaternary igneous rocks in Lut Block"*Eastern Iran, Journal of Geochemical Exploration 1, Vol. 1,(2011) 19-36.

[11] Monazzami Bagherzadeh R., Karimpour M.H., Lang Farmer G., Stern C.R., Santos J.F., Rahimi B., Heidarian Shahri M.R.,*"U–Pb zircon geochronology, petrochemical and Sr–Nd isotopic characteristic of Late Neoproterozoic granitoids of the Bornaward complex(Bardaskan-NE Iran*)".Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 111(1), (2015) 57-71.

[12] Hushmandzadeh A., Alavi-Naini M., Haghipour A.,*"Geological evolution of Torud area (Precambrian to recent)"*.Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, (1978).

[13] Karimpur M. H., Saadat S.*,"Applied Economic Geology",* Arsalan Publisher (2009).

[14] Whitney D.L., Evans B.W., "*Abbreviations for names of rock-forming minerals*", American Mineralogist, Vol. 95, (2010) 185–187.

[15] Hedenquist J.W., Arribas J.A., Gonzalez-Urein E., "*Exploration for epithermal gold deposits*": Society of Economic Geologists Review, Vol. 13, (2000) 245-277.

[16] Hedenquist J W., Sillitoe R.H., Arribas A.,*"Characteristics of and exploration for high-sulfidation epithermal Au-Cu deposits"*.In: Cooke D R., Deyell C. L., Pongratz J., (eds.) 24 Carat Gold Workshop: Centre for Ore Deposit Research, Special Publication,(2004) 99-110.

[17] Sillitoe R.H., Hedenquist J.W., *"Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits*in: S.F. Simmons, I. Graham, (Eds.), *Volcanic, geothermal, and ore-forming fuids: rulers and witnesses of processes with the earth",* Special publication No 10, Society of Economic Geologists, (2003) 315-345.

[18] Gemmell J. B., *"Low- and intermediate sulfidation epithermal deposits"*, In: Cooke D.R., Deyell C.L., Pongratz J., (eds.)*" 24 Carat Gold*

[20] Hammamipur B., *"Geology, Mineralogy, Geochemistry and Birth of the SE Bandon Gold Deposit, North Bardaskan",* M.Sc. thesis of economic geology,Tarbiat Modarres University, (2014) 212.

Workshop": Centre for Ore Deposit Research, Special Publication (2004) 5:57- 63.

[19] Simmons S.F., White N.C., John D.A., *"Geological characteristics of epithermal precious and base-metal deposits".* Economic Geology, 100th Anniversary Vol., No. 5, (2005) 485-522.